

Technological progress in enterprises and diffusion of innovations : theoretical reflections and empirical evidence

Citation for published version (APA):

Diederer, P. J. M. (1993). *Technological progress in enterprises and diffusion of innovations : theoretical reflections and empirical evidence*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.19930408pd>

Document status and date:

Published: 01/01/1993

DOI:

[10.26481/dis.19930408pd](https://doi.org/10.26481/dis.19930408pd)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Nederlandse samenvatting - summary in Dutch

De causale relatie tussen economische en technologische ontwikkeling is tweezijdig: enerzijds bepaalt de technologische ontwikkeling de randvoorwaarden voor economische groei, anderzijds stuurt het economisch proces de ontwikkeling van nieuwe technologie. Om economische ontwikkeling te kunnen analyseren, is er daarom behoefte aan een conceptueel en wiskundig instrumentarium, toegesneden op het beschrijven en formaliseren van de rol van technologische verandering in de economie. In dit proefschrift wordt een bijdrage geleverd aan het ontwikkelen van dit instrumentarium, waarbij aansluiting wordt gezocht voor wat betreft de conceptuele en theoretische invulling bij de evolutionaire economie en voor wat betreft de wiskundige uitwerking bij de neoklassieke traditie.

Ondernemingen investeren in nieuwe produktietechnieken en veranderen daarmee hun produktiecapaciteit en hun produktiviteit, hun vraag naar arbeid, kapitaalgoederen en andere produktiemiddelen per eenheid produkt. Het centrale probleem in dit proefschrift is de wijze waarop ondernemingen keuzes maken omtrent dit soort investeringen. Het gaat hierbij om de analyse van de doelstellingen, de instrumenten en de mogelijkheden van de onderneming. Uitgangspunten zijn de veronderstelling dat de voornaamste doelstelling van de onderneming toekomstige winst is; voorts, de veronderstelling dat de mogelijkheden om winst te genereren worden beperkt door de hoedanigheid van de onderneming op het moment van keuze, door technische en marktbeperkingen en door de begrensdheid van beschikbare cognitieve capaciteiten; en tenslotte, de veronderstelling dat de werkwijze van de onderneming gekarakteriseerd kan worden als routinematig handelen, dat als gevolg van de uitkomsten van keuzeprocessen geleidelijk aan veranderende door de omgeving bepaalde voorwaarden wordt aangepast. Deze uitgangspunten worden in dit proefschrift nader uitgewerkt, geformaliseerd in modellen en getoetst aan de praktijk van het bankwezen in Nederland.

Hoofdstuk 1 geeft een duiding van het belang van verandering in technologie voor economische ontwikkeling en signaleert een toename in de belangstelling voor dit onderwerp vanuit diverse disciplines, onder andere industriële economie, groeitheorie en strategisch management. Voorts wordt gewezen op de recente ontwikkeling van een theoretische invalshoek, het 'evolutionair' perspectief, vanwaaruit bruikbare begrippen en theorieën naar voren gebracht zijn, die echter slechts sporadisch in modellen zijn uitgewerkt.

Hoofdstuk 2 levert de theoretische basis van de studie. In het eerste deel wordt gewezen op het belang van cognitieve activiteiten voor het economisch proces. Onder cognitieve activiteiten worden onder andere verstaan: het verkrijgen en beoordelen van informatie, het opdoen en ontwikkelen van kennis, het verwerven van vaardigheden, het onderbouwen van verwachtingen en inschattingen en het maken van keuzes verstaan. Er wordt betoogd dat cognitieve processen als onderdeel van economisch gedrag tot op zekere hoogte op dezelfde wijze geanalyseerd kunnen worden als de materiële productieprocessen van een onderneming: door opofferingen van middelen worden resultaten voortgebracht. In de reële sfeer leveren arbeid en kapitaal diensten om binnen een bepaalde tijdsspanne uit grondstoffen en energie produkten te maken; in de cognitieve sfeer leveren mensen intellectuele inspanningen om in een proces van zoeken en afwegen tot informatie, kennis of beslissingen te komen. Net zoals in de materiële sfeer de produktiemogelijkheden beperkt worden door restricties van materiële aard, worden de mogelijkheden in de cognitieve sfeer beperkt door cognitieve restricties: beperkingen die voortvloeien uit het feit dat agenten (mensen danwel organisaties) tijd nodig hebben en zich inspanning moeten getroosten om informatie te verwerven en beslissingen te nemen. Wanneer

het gaat om zaken van zekere complexiteit, zoals bij het ontwikkelen en invoeren van nieuwe technologieën vaak het geval is, kan de beperkte beschikbaarheid van cognitieve hulpbronnen een bindende restrictie vormen, analoog aan de schaarste van materiële hulpbronnen.

In het tweede deel van dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van aspecten van het verschijnsel invoering van nieuwe technologie, waaraan in de literatuur aandacht is besteed. Aan de orde komen het verband tussen adoptie en diffusie en de vraag waar een verklaring voor de empirische regelmatigheid van de diffusiecurve gezocht moet worden: op het micro- of op het macro-economische niveau. De verklaring van een regelmatig diffusiepatroon kan terug gaan op een regelmatige verdeling van ondernemingen over een met de adoptiebeslissing samenhangende variabele, of op het feit dat adoptiebeslissingen zelf onderling op enigerlei wijze samenhangen. Verdere kwesties in dit deel betreffen het (on-)evenwichtskarakter van het diffusieproces, het endogene danwel exogene karakter van de oorzaken die het proces drijven, het routinematige aspect van economisch handelen en het discontinue karakter van technologische ontwikkeling.

Hoofdstuk 3 bouwt voort op de beschrijving van economisch gedrag in hoofdstuk 2, en brengt de voornaamste gedachten onder in een model dat het beslissingsproces van een onderneming weergeeft. De onderneming produceert op het moment van beslissing een bepaalde hoeveelheid produkt (output), met behulp van een bepaalde combinatie van middelen (inputs). Er wordt een onderscheid gemaakt tussen vaste en variabele produktiemiddelen. De doelstelling van de onderneming is maximale netto contante waarde van de toekomstige winst. De onderneming kan daartoe investeren, toevoegen aan de *vaste* produktiemiddelen, hetgeen leidt tot toename van de produktiecapaciteit (expansie) en tot verhoging van de produktiviteit van de *variabele* produktiemiddelen (rationalisatie). Enerzijds beslist de onderneming hoeveel te investeren, gegeven dat investeringen een dalend marginaal rendement hebben; anderzijds beslist de onderneming in welke verhouding te investeren in capaciteitsuitbreiding en in verhoging van de produktiviteit van de variabele middelen. Het dalend marginaal rendement op investeringen op elk moment in de tijd hangt samen met toenemende aanpassingskosten en dergelijke, maar ook met beperkingen in de cognitieve capaciteit van de onderneming.

In het model wordt geabstraheerd van technische veroudering van kapitaalgoederen, van financieringsrestricties, van markten voor tweedehands investeringsgoederen en van toe- en uittrekking. Markten voor eindprodukten en produktiemiddelen ruimen voortdurend en er is geen onderbezetting. Mogelijkheden voor technologische verandering vinden hun weerslag in de technische restricties waarmee de onderneming zich geconfronteert ziet. Indien er géén technische vooruitgang is voegen investeringen slechts meer van hetzelfde toe aan de bestaande capaciteit. Indien er wel mogelijkheden tot technische verbeteringen bestaan, komt dit tot uitdrukking in een cumulatief effect van huidige investeringen in de loop van de tijd. Dit impliceert dat niet alleen het rendement, maar ook het effect op capaciteit en produktiviteit van tegenwoordige investeringen mede bepaald wordt door toekomstige investeringen, en dat de optimaliserende onderneming derhalve een tijdpad voor de investeringen moet plannen.

De belangrijkste karakteristieken van het model kunnen als volgt worden samengevat. Ten eerste wordt aangenomen dat de onderneming noch zijn produktiecapaciteit, noch zijn produktietechniek kan wijzigen zonder investeringen. Ten tweede wordt aangenomen dat investeringen leiden tot incrementele aanpassingen van de capaciteit en incrementele verhogingen van de produktiviteit van variabele middelen. Ten derde wordt verondersteld dat zowel technische als cognitieve restricties de bewegingsvrijheid van de onderneming beperken in het aanpassen van

produktieschaal en produktietechniek. Ten vierde wordt verondersteld dat, indien de positie van een onderneming op het relevante technologische traject ruimte laat voor technologische verbetering, investeringen een cumulatief effect hebben.

Dit model is allereerst gebruikt om investeringsbeslissingen van ondernemingen te analyseren. Aangetoond is dat ondernemingen die zich gedragen volgens de vooronderstellingen van het model, bij een volledig elastische vraag naar eindprodukten en een volledig elastisch aanbod van variabele produktiemiddelen, op de lange duur hun investeringen exponentieel laten groeien en hoe langer hoe meer de richting van hun investeringen verleggen van rationalisatie naar expansie. Echter, indien markten voor eindprodukten en variabele produktiemiddelen niet volledig elastisch zijn, stagneren op termijn de investeringen in expansie, ondanks het feit dat winsten positief zijn. Het investeringsgedrag van de individuele onderneming wordt cruciaal beïnvloed door de elasticiteiten van de vraag- en aanbodfuncties op de relevante markten enerzijds, en door zijn marktaandeel op die markten anderzijds.

Het model is verder gebruikt om het concurrentieproces tussen ondernemingen te onderzoeken, zowel analytisch als door middel van simulaties. De ontwikkeling van ondernemingen in een markt hangt binnen de context van dit model in hoge mate af van de startcondities: de ontwikkeling in de toekomst kan niet los gezien worden van de geschiedenis van de ondernemingen. In een pad-afhankelijke wereld ligt het niet in de rede te veronderstellen dat bij de aanvang van het proces de toestand door stationariteit gekarakteriseerd kan worden en is het derhalve niet mogelijk iets algemeen over de startcondities te zeggen. De toestand van de ondernemingen bij aanvang van het concurrentieproces en de aanvankelijke verdeling van de markt kunnen vele gedaanten hebben, en afhankelijk van die begintoestand kunnen zich binnen het kader van het model legio ontwikkelingen voordoen, waarbij ondernemingen gedurende lange tijd naast elkaar voortbestaan met verschillende groeivoeten, marktaandelen, efficiëntieniveaus en snelheden van technologische ontwikkeling. Groeivoeten, marktaandelen en winsten kunnen, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de afzetmarkt, divergeren of convergeren. Een voorbeeld hiervan, een markt met zes ondernemingen van verschillende omvang en efficiëntie, is met de hulp van computersimulaties uitgewerkt.

De computersimulaties betreffen doorrekeningen van marktinteracties tussen ondernemingen die zich gedragen volgens het microeconomische investeringsmodel. Een van de uitkomsten van de computersimulaties is dat een aantal geaggregeerde variabelen zich blijken te gedragen volgens het patronen die bekend zijn uit de literatuur over diffusie en over de produkt-levenscyclus. In de loop van de tijd blijkt de afzet toe te nemen volgens een sigmoïde patroon, terwijl ten gevolge van procesinnovaties de vraag naar variabele produktiemiddelen weinig variatie vertoont. Prijsontwikkelingen weerspiegelen volume-ontwikkelingen: de afzetprijs daalt scherp, terwijl de prijs van variabele produktiemiddelen weinig varieert. De investeringen stijgen aanvankelijk en zijn in de eerste fase van de ontwikkeling van de markt gericht op uitbreiding van de productiecapaciteit. Later dalen de investeringen en verschuift het accent naar verhoging van de produktiviteit. De grootste winsten worden gemaakt in de meest expansieve fase van de marktontwikkeling, voordat de markt zijn grootste omvang bereikt heeft.

Het verband tussen marktstructuur en de snelheid van technologische ontwikkeling blijkt nogal complex in dit model vanwege de simultane afhankelijkheid van investeringsgedrag van prijselasticiteiten, marktaandelen en ondernemingsomvang. Een grote onderneming profiteert van schaalvoordelen bij het genereren en implementeren van nieuwe technologie, hetgeen samenhangt met het cumulatieve karakter van technologische ontwikkeling, en zal dus geneigd

zijn innovatiever te zijn dan een kleine onderneming. Daar staat tegenover, dat een grote onderneming vaak een groot marktaandeel heeft, en daardoor de daling van de afzetprijs, die het gevolg is van een procentuele vergroting van de afzet, in meerdere mate internaliseert dan een onderneming met een klein marktaandeel. Een groot marktaandeel zal daarom investeringen in nieuwe technologie, indien die leiden tot expansie, afremmen. In de loop van de tijd, als de afzetmarkt verzadigd raakt, verandert het samenspel van de factoren ondernemingsomvang en marktaandeel bij de bepaling van de omvang van de investeringen in capaciteitsuitbreiding. Dit verklaart het optreden van een sigmoïde diffusiecurve van het eindprodukt binnen dit model. In tegenstelling tot expansieve investeringen, worden investeringen in verhoging van de produktiviteit gestimuleerd door een groot marktaandeel. Hoezeer een groot marktaandeel de expansie van een onderneming afremt en de rationalisatie stimuleert, hangt af van de prijselasticiteiten van de vraag naar eindprodukten en het aanbod van variabele produktiemiddelen.

Hoofdstuk 4 vormt de brug tussen de theoretische uiteenzettingen en de empirische toetsing. Om empirische ondersteuning te vinden voor de eerder geschetste modelmatige benaderingen zijn data gebruikt die stammen van het Nederlandse bankwezen. Het bankwezen vormt een substantiële sector in de Nederlandse economie, waarin een aantal recente trends die algemeen voorkomen in dienstensectoren in westerse economieën, prominent naar voren treden. Enerzijds groeien dienstensectoren in belang, relatief ten opzichte van industriële sectoren, anderzijds ontwikkelen ze meer en meer karakteristieken die voorheen kenmerkend waren voor industriële sectoren: diensten worden kapitaalintensiever, produkten worden meer en meer gestandaardiseerd en technologie speelt een steeds voornamere rol. Een belangrijke oorzaak van deze trend is de ontwikkeling van computer- en telecommunicatietechnologie. Het bankwezen is een duidelijk voorbeeld van deze ontwikkeling: het heeft op grote schaal computer en telecommunicatie apparatuur in gebruik genomen, daarmee de produktiekosten drastisch teruggebracht en de dienstverlening en het aanbod van produkten behoorlijk uitgebreid.

Voor de toetsing van de modellen was een dataverzameling beschikbaar met cijfers van kantoren van een grote Nederlandse coöperatieve bank. In dit hoofdstuk worden deze cijfers inductief geanalyseerd. Het blijkt onder meer dat de diffusie van nieuwe technieken in het kantorennet in een aantal gevallen een sigmoïde curve doorloopt, en dat er sprake is van schaalvoordelen in produktie. Voor het testen van de modellen uit het vorige hoofdstuk worden variabelen geselecteerd die respectievelijk produktiecapaciteit, variabele produktiemiddelen, investeringen en technologisch niveau benaderen. De voornaamste investeringen in technologische ontwikkeling in banken op lokaal niveau in de periode 1979 tot 1987 werden gedaan in automatische gegevensverwerking. Allereerst werd er geïnvesteerd in automatisering van de 'back office', daarna in automatisering van de 'front office', en vervolgens in het installeren van geldautomaten en daarmee samenhangende communicatienetwerken. Het belangrijkste gestandaardiseerde massaproduct van deze lokale banken, waarop het grootste deel van de automatiseringsinspanningen gericht was, is de rekeningenadministratie, met inbegrip van de administratie van overschrijvingen, bij- en afboekingen. Hoewel het proces tegenwoordig relatief kapitaalintensief is, behoren verschillende soorten arbeid, te weten baliediensten, dataverwerking, administratie en management, toch nog tot de voornaamste produktiefactoren in het produktieproces. Geen van deze soorten arbeid zijn volledig als variabele produktiemiddelen te karakteriseren, maar wellicht is arbeid op de korte termijn meer variabel dan andere produktiemiddelen. Derhalve zijn data betreffende mutaties in de rekeningenadministratie gekozen als benadering voor produktiecapaciteit, data betreffende verschillende typen arbeid als benadering voor variabele

produktiemiddelen, over een aantal jaren gecumuleerde investeringen in automatisering als benadering voor investeringen en de beschikbaarheid van drie verschillende automatiserings-systemen als technologie-indicator.

Hoofdstuk 5 is gewijd aan de toetsing van de modellen uit hoofdstuk 3. Omdat de beschikbare data voornamelijk dwarsdoorsnede data zijn, terwijl volledige toetsing van het model tijdreeksen zou vereisen, is de toetsing beperkt tot een aantal aspecten. Het model is vereenvoudigd tot een twee-periodenmodel en er is met name gekeken naar de robustheid van parameters bij beschouwing van verschillende banken: er is gekeken in welke mate het investeringsgedrag van banken weergegeven kan worden met behulp van dezelfde modelparameters. Een eerste vraag die aan de orde komt is in hoeverre investeringen een cumulatief effect hebben op productie en op de vraag naar variabele produktiemiddelen, in hoeverre er aanwijzingen zijn dat er een proces van technologische vooruitgang plaatsvindt. Een tweede vraag is in hoeverre technologische mogelijkheden en technologische ontwikkeling van verschillende banken op verschillende momenten door eenzelfde investeringsmodel kunnen worden weergegeven, in hoeverre ondernemingen geconfronteerd worden met gelijke technische beperkingen.

De resultaten van de modelschattingen dienen met omzichtigheid geïnterpreteerd te worden, omdat het model sterk gestyleerd is en de aansluiting tussen de data en de modelvariabelen te wensen overlaat. Niettemin dringen een aantal conclusies zich op. Schattingresultaten wijzen erop dat banken scherp dalende marginale rendementen op investeringen ondervinden op elk specifiek moment in de tijd. Desalniettemin investeren grote banken meer dan kleine. Parameterschattingen suggereren dat dit verklaard kan worden door het feit dat grote banken bij investeringen kunnen profiteren van schaalvoordelen. In absolute termen levert dezelfde investering een grote bank meer extra capaciteit op dan een kleine bank, en daarom kan een grote bank een groter budget investeren voordat marginale opbrengsten aan marginale kosten gelijk zijn. Deze uitkomsten zijn verenigbaar met de hypothese dat investeringen een cumulatief effect hebben, hetgeen erop kan wijzen dat investeringen de produktiviteit van het productie-apparaat omhoog brengen. Het verband tussen investeringen en de vraag naar variabele produktiemiddelen bleek minder eenduidig te zijn, maar ook hier kan een cumulatief effect niet worden uitgesloten.

Betreffende de vragen in hoeverre banken geconfronteerd worden met dezelfde technologische restricties en in welke mate ze hetzelfde technologische traject volgen, konden slechts voorlopige antwoorden gevonden worden. Hoewel alle banken in kwalitatieve zin dezelfde technologische stappen zetten, van 'back office' automatisering, via 'front office' automatisering, naar installatie van geldautomaten, lijken ze dit pad niet met dezelfde snelheid of in dezelfde volgorde af te lopen. Banken investeren niet in dezelfde richting (dezelfde verhouding expansie-rationalisatie); ze investeren voorts niet zozeer vergelijkbare absolute bedragen in automatisering alswel eenzelfde deel van de omzet.

Hoofdstuk 6 begint met de constatering dat uit hoofdstuk 4 naar voren gekomen is dat diffusiepatronen van produktietechnologieën in banken een zekere mate van regelmaat te zien geven, maar dat in hoofdstuk 5 niet afdoende is aangetoond dat dit verklaard kan worden op grond van kosten en baten van het invoeren van technieken, voor zover deze uit de cijfers blijken. Dit werpt de vraag op die in hoofdstuk 2 al aan de orde is geweest: waar bevindt zich het mechanisme dat leidt tot de regulariteit van het diffusiepatroon, op het microniveau of op het niveau van de markt of de sector? Indien kosten en baten van het invoeren van nieuwe technologieën moeilijk kwantificeerbaar zijn en informatie over nieuwe technieken schaars is, kunnen 'bandwagon'

effecten een voornamelijk rol gaan spelen bij de verspreiding van een innovatie: ondernemingen vertonen imitatief gedrag, in een streven naar risicomijding. Een verwante hypothese is dat bij het ontbreken van eenduidige informatie over kosten en baten van een innovatie gedrag van ondernemingen in zekere mate erratisch wordt, dat in de markt een selectieproces bepaalt welke ondernemingen groeien en welke ten onder gaan, en dat dit selectieproces een ordelijk patroon op geaggregeerd niveau tot gevolg heeft. Deze noties zijn in hoofdstuk 6 in modellen van overgangskansen uitgewerkt. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de relatieve (verwachte) winstgevendheid van een techniek en de relatieve frequentie van het gebruik de kans bepalen dat een onderneming van een minder winstgevende techniek naar een meer winstgevende overspringt. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen twee mechanismen, een 'duw'- en een 'trek'-mechanisme. Het eerste mechanisme werkt als een onderneming zich onder druk van de concurrentie gedwongen voelt om een oude techniek op te geven, en vervolgens naar een nieuwe techniek op zoek gaat; het tweede mechanisme werkt als een onderneming aangetrokken wordt door een nieuwe techniek en daarom de oude opgeeft. De twee verschillende specificaties leiden tot twee verschillende diffusiecurves, waarbij het duwmodel een sigmoïde curve oplevert en het trekmodel een concave curve. Het ligt in de lijn der verwachting dat het duwmechanisme werkt bij relatief dure en complexe innovaties, terwijl het trekmechanisme meer van belang is bij relatief goedkope en ongecompliceerde innovaties.

Beide modellen zijn geschat met de data betreffende invoering van nieuwe technologieën in banken uit hoofdstuk 4. Het bleek dat in dit geval een model met een duwmechanisme beter voldoet dan een model met een trekmechanisme, een uitkomst geheel in de lijn der verwachting, gegeven het complexe karakter van de innovaties hier aan de orde. Een vergelijking van de uitkomsten van empirische toetsen in hoofdstukken 5 en 6 suggereert dat, benevens het streven naar capaciteits- en produktiviteitsgroei, mechanismen op geaggregeerd niveau zoals imitatie, 'bandwagon' effecten en spill-over mechanismen een rol hebben gespeeld bij de diffusie van produktietechnieken in banken.

Hoofdstuk 7 besluit met een samenvatting, een opsomming van de voornaamste conclusies en een korte vooruitblik.